ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณและการชักนำราก ของบุกไข่ (*Amorphophallus muelleri* Blume)

Effects of Plant Growth Regulators on *In vitro* Shoot Multiplication and Root Induction of Elephant Foot Yam (*Amorphophallus muelleri* Blume)

เสาวนีย์ สาโรจน์[1*] นิพิจ พินิจผล[1] และ รพีทัศน์ อุ่นจิตตพันธ์[1]

Saowanee Saroj[1*], Niphit Pinitphon[1] and Rapeetouch Unjittphan[1]

Received: October 22, 2025
Revised: December 17, 2025
Accepted: December 23, 2025

Abstract: Elephant Foot Yam (*Amorphophallus muelleri)* Blume is a high-potential economic crop, particularly in the food and health industries, due to its high content of glucomannan in the corm. However, conventional propagation methods using leaf-borne cormlets, underground corms, or rhizomes are limited by low propagation rates and long cultivation periods. This study aimed to develop an optimal culture medium by investigating the effects of types and concentrations of plant growth regulators on multiple shoot proliferation and root induction of *A. muelleri* under aseptic conditions to enhance its industrial-scale production. Shoot cluster were cultured on semi-solid MS medium supplemented with various concentrations of benzyladenine (BA), naphthaleneacetic acid (NAA), and indole-3-butyric acid (IBA) in a completely randomized design (CRD). The results revealed that MS medium supplemented with 1.0 mg/L BA combined with 0.05 mg/L NAA was most effective for multiple shoot proliferation, producing the highest average number of shoots (39.2 ± 0.5) with an average shoot length of 0.77 ± 0.02 cm, significantly different from other treatments. For root induction, MS medium supplemented with 1.0 mg/L IBA yielded the highest average number of roots (13.7 ± 0.4) and the longest average root length (2.14 ± 0.04 cm). These findings demonstrate the potential of tissue culture as an efficient propagation system for *A. muelleri*, supporting its application in large-scale industrial production.

Keywords: Auxin, Benzyladenine, Cytokinins, Root induction, Tissue culture

บทคัดย่อ: บุกไข่ (*Amorphophallus muelleri* Blume) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหารและสุขภาพ เนื่องจากหัวมีปริมาณกลูโคแมนแนน (glucomannan) สูง อย่างไรก็ตาม การขยายพันธุ์ด้วยวิธีทั่วไปโดยใช้หัวบนใบ หัวใต้ดิน หรือเหง้า ยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น อัตราการเพิ่มจำนวนต้นต่ำและใช้เวลานาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสม โดยศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณและการชักนำรากของบุกไข่ภายใต้สภาพปลอดเชื้อ การทดลองใช้กลุ่มยอดเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม benzyladenine (BA), naphthaleneacetic acid (NAA) และ indole-3-butyric acid (IBA) ในความเข้มข้นต่าง ๆ โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ผลการทดลองพบว่า อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

[1]กองขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[1]Plant Propagation Center, Department of Agricultural Extension, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author: saowaneesaroj@gmail.com

Agricultural Science and Management J. 9 (2) : 118-126 (2026)

มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณ โดยให้จำนวนยอดเฉลี่ย 39.2 ± 0.5 ยอด และความยาวยอดเฉลี่ย 0.77 ± 0.02 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม IBA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพสูงสุดในการชักนำราก โดยให้จำนวนรากเฉลี่ย 13.7 ± 0.4 ราก และความยาวรากเฉลี่ย 2.14 ± 0.04 เซนติเมตร ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบุกไข่ในการพัฒนาระบบขยายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: ออกซิน, เบนซิลอะดีนีน, ไซไทไคนิน, การชักนำราก, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

คำนำ

บุกไข่ (*Amorphophallus muelleri* Blume) เป็นพืชล้มลุกในวงศ์ Araceae ที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจสูง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหารและสุขภาพ (สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช, 2562) เนื่องจากหัวของพืชมีปริมาณกลูโคแมนแนน (glucomannan) สูง ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีคุณสมบัติในการดูดน้ำและสร้างเจล สามารถใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด ตัวสร้างเจล และเป็นเส้นใยอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (Widyastuti *et al*., 2020; Sharma and Wadhwa, 2022) ปัจจุบัน ความต้องการผลิตภัณฑ์จากบุกไข่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในประเทศและต่างประเทศ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการขยายพันธุ์หัวบุกที่มีประสิทธิภาพและปริมาณเพียงพอกับความต้องการ อย่างไรก็ตาม การขยายพันธุ์บุกไข่ด้วยวิธีทั่วไปโดยใช้หัวบนใบ หัวใต้ดินหรือเหง้า (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2565) ซึ่งพบว่ามีข้อจำกัดหลายประการ เช่น อัตราการเพิ่มจำนวนต้นต่ำ ใช้ระยะเวลานาน และมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากเชื้อโรคในดินหรือแมลงศัตรูพืช (Suryanto *et al*., 2019)

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเทคโนโลยีการขยายพันธุ์พืชที่มีประสิทธิภาพและถูกใช้อย่างแพร่หลาย สามารถผลิตขยายพันธุ์พืชได้ในปริมาณมาก ในระยะเวลารวดเร็ว ต้นพืชที่ได้มีพันธุกรรมเหมือนต้นแม่และมีความสม่ำเสมอ (Sahu *et al*., 2018) มีรายงานการศึกษาในบุกบางชนิด เช่น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบุกไข่ จากส่วนหัวบนใบ พบว่าอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้สูงสุด 8.8 ยอด หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 30 วัน และการชักนำให้เกิดรากบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวนรากเฉลี่ย 2.5 ราก และความยาวรากเฉลี่ย 2.95 เซนติเมตร (ยุพา และคณะ, 2543) และมีการศึกษาการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตร่วมกันในการชักนำยอดจากแคลลัสของบุกคางคก (*Amorphophallus paeoniifolius* Dennst.) พบว่าอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้สูงสุด 95.87 เปอร์เซ็นต์ จำนวนยอดเฉลี่ย 22.0 ยอด ความยาวยอด 6.17 เซนติเมตร และพบว่าอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากได้สูงสุด 60.30 เปอร์เซ็นต์ จำนวนรากเฉลี่ย 8.55 ราก ความยาวรากเฉลี่ย 3.81 เซนติเมตร (Kamala and Makeshkumar, 2014) อย่างไรก็ตามการตอบสนองต่อชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกันไปในบุกแต่ละสปีชีส์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสม โดยศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณและการชักนำรากของบุกไข่ (*Amorphophallus muelleri* Blume) ภายใต้สภาพปลอดเชื้อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตบุกไข่ในเชิงอุตสาหกรรม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณของบุกไข่

นำกลุ่มยอดที่ได้จากการชักนำยอดบนอาหารกึ่งแข็งสูตร Murashige and Skoog (MS) ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยคัดเลือกกลุ่มยอดที่มีความสูงเฉลี่ยประมาณ 0.3 เซนติเมตร จากนั้นตัดแต่งให้แต่ละกลุ่มมียอดเริ่มต้นจำนวน 5 ยอด นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ BA ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว และ BA ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยอาหารทุกสูตรเติมน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ผงวุ้น 7 กรัมต่อลิตร นึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที แบ่งกรรมวิธีทดลองออกเป็น 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 อาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 อาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 อาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 5 อาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ชิ้น เพาะเลี้ยงในสภาพที่ให้แสงสว่างวันละ 16 ชั่วโมง ความเข้มแสง 3,000-4,000 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 เดือน ทำการบันทึกข้อมูลจำนวนรากและความยาวราก จากนั้นนำข้อมูลไปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการชักนำรากของบุกไข่

ตัดแยกต้นบุกไข่ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นสูตรอาหารเดียวกับการเตรียมกลุ่มยอดเริ่มต้นสำหรับการทดลองที่ 1 โดยตัดแต่งให้แต่ละชิ้นมียอดจำนวน 1 ยอด และมีความสูงไม่น้อยกว่า 3 เซนติเมตร นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต ได้แก่ NAA และ IBA ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยอาหารทุกสูตรเติมน้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร ผงวุ้น 7 กรัมต่อลิตร นึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที แบ่งกรรมวิธีทดลองออกเป็น 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 อาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 อาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 อาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 5 อาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม IBA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ชิ้น เพาะเลี้ยงในสภาพที่ให้แสงสว่างวันละ 16 ชั่วโมง ความเข้มแสง 3,000-4,000 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 เดือน ทำการบันทึกข้อมูลจำนวนรากและความยาวราก จากนั้นนำข้อมูลไปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Agricultural Science and Management J. 9 (2) : 118-126 (2026)

ผลการทดลอง

1. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณของบุกไข่

อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำจำนวนยอดทวีคูณเฉลี่ยได้สูงสุด 39.2 ± 0.5 ยอด ความยาวยอดเฉลี่ย 0.77 ± 0.02 เซนติเมตร แตกต่างจากสูตรอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1) รองลงมาคือ BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำจำนวนยอดทวีคูณเฉลี่ย 27.5 ± 0.4 ยอด ความยาวยอดเฉลี่ย 0.19 ± 0.02 เซนติเมตร ในขณะที่อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว สามารถชักนำจำนวนยอดทวีคูณเฉลี่ยได้เพียง 19.2 ± 0.2 และ 14.3 ± 0.3 ยอด ตามลำดับ (Table 1) เมื่อพิจารณาลักษณะยอด พบว่า อาหารกึ่งแข็ง สูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร มียอดที่แข็งแรง ไม่แคระแกร็น ไม่พบอาการฉ่ำน้ำ และให้ยอดที่มีความยาวยอดค่อนข้างสม่ำเสมอ (Table 1, Figure 1E) ในขณะที่อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว มียอดสั้น ไม่ยืดยาว และพบอาการฉ่ำน้ำของเนื้อเยื่อในกลุ่มยอด (Table 1, Figure 1C)

2. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการชักนำรากของบุกไข่

นำต้นบุกที่ได้จากการชักนำยอดในอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม NAA และ IBA ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 เดือน พบว่าอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำรากเฉลี่ยได้สูงสุด 13.7 ± 0.4 ราก ความยาวรากเฉลี่ย 2.14 ± 0.04 เซนติเมตร (Table 2, Figure 2E) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสูตรอาหารอื่นที่เหลือ ในขณะที่อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำรากเฉลี่ยได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2, Figure 2C, Figure 2D)

Table 1 Shoot multiplication of elephant foot yam (Amorphophallus muelleri Blume) on solid MS medium supplemented with various concentrations of BA, and NAA cultured for one month.

BA (mg/L)	NAA (mg/L)	Shoot No.	Shoot length (cm)
-	-	10.0 ± 0.3[e]	0.82 ± 0.02[a]
0.5	-	14.3 ± 0.3[d]	0.58 ± 0.02[b]
1.0	-	19.2 ± 0.2[c]	0.21 ± 0.02[c]
0.5	0.05	27.5 ± 0.4[b]	0.19 ± 0.02[c]
1.0	0.05	39.2 ± 0.5[a]	0.77 ± 0.02[a]
F-Test		*	*
CV (%)		47.76	54.32

[1/] Values are mean (n =10). Means followed by the same letters are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Table 2 Root induction of elephant foot yam (Amorphophallus muelleri Blume) on solid MS medium supplemented with various concentrations of NAA, and IBA cultured for one month.

NAA (mg/L)	IBA (mg/L)	Root No.	Root length (cm)
-	-	0.0 ± 0.0[d]	0.00 ± 0.00[e]
0.5	-	4.0 ± 0.2[c]	0.33 ± 0.02[d]
1.0	-	7.7 ± 0.2[b]	1.26 ± 0.05[b]
-	0.5	8.3 ± 0.2[b]	1.05 ± 0.02[c]
-	1.0	13.7 ± 0.4[a]	2.14 ± 0.04[a]
F-Test		*	*
CV (%)		66.88	74.03

[1/] Values are mean (n =10). Means followed by the same letters are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).



Figure 1 Multiple shoots of elephant foot yam (Amorphophallus muelleri Blume) on solid MS medium supplemented with various concentrations of BA, and NAA cultured for one month: (A) MS free plant growth regulator (Control), (B) 0.5 mg/L BA, (C) 1.0 mg/L BA, (D) 0.5 mg/L BA+0.05 mg/L NAA, (E) 1.0 mg/L BA+0.05 mg/L NAA (bar = 1 cm)

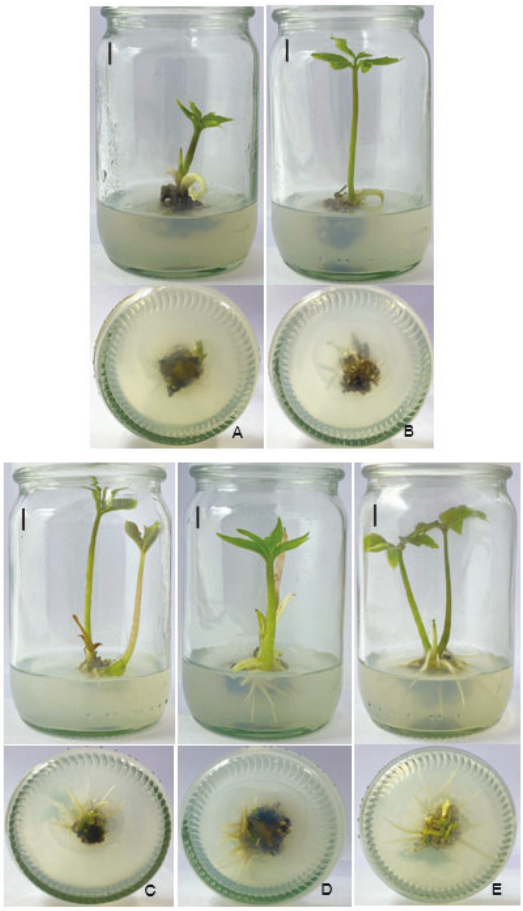


Figure 2 Root induction of elephant foot yam (Amorphophallus muelleri Blume) on solid MS medium supplemented with various concentrations of NAA, and IBA cultured for one month: A) MS free plant growth regulator (Control), B) 0.5 mg/L NAA, C) 1.0 mg/L NAA, D) 0.5 mg/L IBA, E) 1.0 mg/L IBA (bar = 1 cm)

วิจารณ์

1. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณของบุกไข่

ผลการทดลองในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดจำนวนยอดทวีคูณของบุกไข่เฉลี่ยสูงสุด 39.2 ± 0.5 ยอด และมีความยาวยอดเฉลี่ย 0.77 ± 0.02 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างจากสูตรอาหารอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลดังกล่าวสนับสนุนหลักการทางสรีรวิทยาของพืชที่ระบุว่า BA มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการสร้างยอดใหม่ ในขณะที่การใช้ NAA ในระดับต่ำช่วยส่งเสริมการแบ่งเซลล์โดยไม่รบกวนทิศทางการพัฒนาไปสู่การเกิดยอด (Ario and Setiawan, 2020; Kurepa and Smalle, 2022) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า แม้ผลการทดลองในงานวิจัยนี้จะสอดคล้องกับกลไกการควบคุมการเกิดอวัยวะของพืชผ่านอัตราส่วน BA ต่อ NAA แต่ให้ผลในเชิงประสิทธิภาพสูงกว่าอย่างชัดเจน (George *et al*., 2008) โดยมีรายงานว่าการเพาะเลี้ยงแคลลัสบุกคางคกบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดเฉลี่ย 22.0 ยอด (Kamala and Makeshkumar, 2014) ขณะที่การใช้ BA ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดเฉลี่ยเพียง 2.0 ยอด ซึ่งต่ำกว่าผลการทดลองในงานวิจัยนี้ แม้ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในความเข้มข้นที่สูงกว่า (Paul *et al*., 2013) ความแตกต่างดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การเพิ่มความเข้มข้นของ BA และ NAA ไม่ได้ส่งผลให้จำนวนยอดเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนเสมอไป และอาจก่อให้เกิดผลยับยั้งจากการรบกวนสมดุลของฮอร์โมนภายในเนื้อเยื่อพืช นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการใช้ BA ร่วมกับ NAA ในระดับความเข้มข้นที่สูงเหมาะสมต่อการชักนำการสร้างหัว (micro-tuber) ของบุกไข่มากกว่าการเพิ่มจำนวนยอด (Thepsithar *et al*., 2016) ขณะที่การใช้ BA เพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดเฉลี่ยเพียง 11.0 ยอด (Ibrahim *et al*., 2020) ซึ่งต่ำกว่าผลการทดลองในงานวิจัยนี้อย่างชัดเจน

ผลการทดลองในงานวิจัยนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าในเชิงหลักการและกลไกการออกฤทธิ์ของสารควบคุมการเจริญเติบโต แต่แตกต่างและโดดเด่นในเชิงประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังชี้ให้เห็นว่าการตอบสนองต่อ BA และ NAA อาจขึ้นกับชนิดพืช ชนิดและระยะพัฒนาของชิ้นส่วนพืช รวมถึงอัตราส่วนและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต การควบคุมอัตราส่วนของ BA ต่อ NAA ให้เหมาะสม โดยเฉพาะการใช้ NAA ในความเข้มข้นต่ำ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มจำนวนยอดทวีคูณของบุกไข่ได้ดีกว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในความเข้มข้นสูง

2. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการชักนำรากของบุกไข่

จากการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการชักนำรากของบุกไข่ พบว่า อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำการเกิดรากของบุกไข่ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และให้จำนวนรากเฉลี่ย 13.7 ± 0.4 ราก ซึ่งสูงกว่ารายงานการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบุกไข่บนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแม้จะให้อัตราการเกิดราก 100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกัน แต่ให้จำนวนรากเฉลี่ยเพียง 2.5 ราก และมีความยาวรากเฉลี่ย 2.95 เซนติเมตร (ยุพา และคณะ, 2543) ความแตกต่างดังกล่าวอาจสะท้อนถึงความแตกต่างของการตอบสนองต่อออกซินที่เกี่ยวข้องกับสมดุลของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในของเนื้อเยื่อเริ่มต้น ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีแนวโน้มทำให้เนื้อเยื่อมีระดับไซโตไคนินภายในสูง ส่งผลต่ออัตราส่วนออกซินต่อไซโตไคนิน (auxin-to-cytokinin ratio) ที่อาจไม่เอื้อต่อการชักนำรากในระยะเริ่มต้น แม้จะมีการเติม IBA ในความเข้มข้นสูงก็ตาม ในทางตรงกันข้ามงานวิจัยนี้ใช้ยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีความเข้มข้นต่ำกว่า ส่งผลให้มีอัตราส่วนออกซินต่อไซโตไคนินเหมาะสมต่อการชักนำรากของบุกไข่ จึงส่งผลให้สามารถตอบสนองต่อ IBA ในความเข้มข้นต่ำได้ดี

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่รายงานว่าการใช้ IBA ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำการเกิดรากของบุกคางคก ได้จำนวนรากเฉลี่ยสูงถึง 20.9 ราก และมีความยาวรากเฉลี่ย 5.07 เซนติเมตร พบว่าผลการทดลองในงานวิจัยนี้ให้จำนวนรากต่ำกว่า อย่างไรก็ตามแนวโน้มการตอบสนองต่อ IBA ยังคงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยความแตกต่างเชิงปริมาณดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากความแตกต่างของชนิดพืช ซึ่งมีลักษณะทางสรีรวิทยา ความสามารถในการดูดซึม และกระบวนการเมแทบอลิซึมของออกซินแตกต่างกัน รวมถึงความแตกต่างของชนิดชิ้นส่วนพืชที่ใช้ในการทดลอง (Kamala and Makeshkumar, 2014)

นอกจากนี้จากผลการศึกษายังพบว่า การใช้ IBA สามารถชักนำการเกิดรากของบุกไข่ได้ดีกว่า NAA ซึ่งสอดคล้องกับรายงานในพืชหลายชนิดที่รายงานว่า IBA มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการออกรากสูงกว่า NAA (Tien *et al*., 2020; Yasmin *et al*., 2022) ความแตกต่างดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากกลไกการออกฤทธิ์ของออกซินทั้งสองชนิด โดย IBA ทำหน้าที่เสมือนแหล่งสะสมของออกซินในรูปแบบที่มีการปลดปล่อยอย่างช้า (slow-release reservoir)

และสามารถถูกเปลี่ยนไปเป็น indole-3-acetic acid (IAA) ซึ่งเป็นรูปแบบของออกซินที่พืชสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง ส่งผลให้การกระตุ้นการเกิดรากเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพมากขึ้น ทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดพิษจากฮอร์โมนในระยะเริ่มต้นและเอื้อต่อกระบวนการแทงราก (root emergence)

ในทางตรงกันข้าม NAA ซึ่งเป็นออกซินสังเคราะห์สามารถออกฤทธิ์ได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเมแทบอลิซึม ทำให้เกิดการตอบสนองอย่างรวดเร็วในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ อย่างไรก็ตาม การออกฤทธิ์ที่รวดเร็วและการสะสมของออกซินในระดับสูงในระยะเริ่มต้นอาจส่งผลให้เกิดการยับยั้งการแทงราก หรือรบกวนการจัดระเบียบของเนื้อเยื่อราก ส่งผลให้การออกรากลดลงหรือเกิดรากที่ไม่สมบูรณ์ (Fogaca and Fett-Neto, 2005)

ดังนั้น ผลการทดลองในงานวิจัยนี้จึงมีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าในเชิงแนวโน้มและกลไกการออกฤทธิ์ของ IBA ต่อการชักนำราก และชี้ให้เห็นว่าความเข้มข้นของ IBA ที่เหมาะสมมีความจำเพาะต่อชนิดของบุกและชนิดของชิ้นส่วนบุกไข่

สรุป

จากการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณและการชักนำรากของบุกไข่พบว่า อาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณยอดทวีคูณเฉลี่ยได้สูงสุด 39.2 ± 0.5 ยอด ความยาวยอดเฉลี่ย 0.77 ± 0.02 เซนติเมตร และอาหารกึ่งแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำรากเฉลี่ยได้สูงสุด 13.7 ± 0.4 ราก ความยาวรากเฉลี่ย 2.14 ± 0.04 เซนติเมตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ขยายพันธุ์พืชที่ 8 จังหวัดลำพูน ที่ให้ความอนุเคราะห์หัวบุกไข่สำหรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2565. การผลิตบุก. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 20 หน้า.

สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช. 2562. การใช้ประโยชน์จากฐานชีวภาพของพืชสกุลบุกในพื้นที่ทองผาภูมิ. เกินคุ้ม มีเดีย, นนทบุรี. 38 หน้า.

ยุพา มงคลสุข พัชราวดี วัฒนวิกย์กิจ สุธี ตั้นสกุล วิเศษลักษณ์ พงษ์จันทร์. 2543. การขยายพันธุ์บุกเพื่อการปลูกแบบอุตสาหกรรมด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากหัวบนใบ. หน้า 382-386. *ใน*: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38, กรุงเทพมหานคร.

Ario, A. and S. Setiawan. 2020. The effect of benzyl amino purine (BAP) concentration on the growth amount of the explant of dendrobium spectabile orchid by *in-vitro.* International Journal of Multi Discipline Science 3(2): 33-38.

Fogaca, C. M. and A.G, Fett-Neto. 2005. Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of Eucalyptus species differing in recalcitrance. Plant Growth Regulation 45(1): 1-10.

George, E.F., M.A. Hall and G.J De Klerk. 2008. Plant propagation by tissue culture 3rd Edition. The Netherland, The Back Ground Springer. 479 p.

Ibrahim, M.S.D., I. Sulistiyorini and C. Tresniawati. 2022. Effect of 6-benzyl amino purine on the multiplication ability of shoots of various sizes of porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) bulbils. *In*: IOP Conference Series: Earth and environmental science. Washington State Convention Center, Seattle, United States.

Kamala, S. and T. Makeshkumar. 2014. Optimization of in vitro regeneration and microcorm induction in elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*). African Journal of Biotechnology 13(49): 4508-4514.

Kurepa, J. and J.A. Smalle. 2022. Auxin/cytokinin antagonistic control of the shoot/root growth ratio and its relevance for adaptation to drought and nutrient deficiency stresses. International Journal of Molecular Sciences 23(4): 2-15.

Paul, K.K., M.A.Bari, S.M.S. Islam and S.C. Debnath. 2013. *In vitro* shoot regeneration in elephant foot yam, *Amorphophallus campanulatus* Blume. Plant Tissue Culture and Biotechnology 23(1): 121-126.

Sahu, K.C.K., D. Kaladhar and S.A. Belorkar. 2018. A rapid in vitro propagation of Bambusa balcooa by plant tissue culture technique. Research & Reviews: A Journal of Biotechnology 8(1): 27-31.

Sharma, S. and N. Wadhwa. 2022. Application of glucomannan. Journal of Pharmacology and Pharmaceutical Research 21(38): 1-5.

Suryanto, E., L. Widiyastuti and E. Sulistyaningsih. 2019. Constraints and prospects in *Amorphophallus* cultivation. Agricultural Sciences Journal 11(2): 102-110.

Thepsithar, C., K. Obsuwan, A. Thongpukdee and N. Pasokchart. 2016. Micro-tuber induction of elephant yam (*Amorphophallus oncophyllus*). Veridian E-journal Science and Technology Silpakorn University 3(6): 275-284.

Tien, L.H., L.D. Chac, L.T.L. Oanh, P.T. Ly, H.T. Sau, N. Hung, V.Q. Thanh, R.V. Doudkin and B.B. Thinh. 2020. Effect of auxins (IAA, IBA and NAA) on clonal propagation of *Solanum procumbens* stem cuttings. Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology 21(55-56): 113-120.

Widyastuti, L., E. Suryanto and B. Prasetyo. 2020. Glucomannan production potential in *Amorphophallus* species. International Journal of Agricultural Research 15(1): 14-21.

Yasmin, S., M.J. Hasan, M.S. Hossain, S. Saha and F. Khatun. 2022. Auxin and cytokinin synergism in micropropagation for mass production of Aloe vera. BioTechnologia 103(3): 301-310.